Acquisition temps réél des paramètres de contrôle d'un réacteur plasma de croissance diamant (CVD)

Ibrahim YACOUB *3i4*

2010 *Polytech' Grenoble*

DOS DU RAPPORT

Etudiant (nom et prénom) *: YACOUB IBRAHIM*

Année d'étude dans le département : 2009/2010

……

Entreprise : *CNRS institue Néel*
Adresse complète : 25 rue des Martyrs 38042 Grenoble France

……

Maître de stage : Eon David
Téléphone : 04 76 88 74 58 ***Télécopie :*** +33 476 88 1191
Mél : david.eon@grenoble.cnrs.fr

……

Tuteur enseignant : SYLVESTRE Alain
Téléphone: ***Télécopie :***
Mél : alain.sylvestre@grenoble.cnrs.fr

……

Titre: **Acquisition temps réél des paramètres de contrôle d'un réacteur plasma de croissance diamant (CVD)**

Résumé : Un réacteur de croissance par plasma nécessite le contrôle de nombreux paramètres tels que la pression, le débit de gaz, la puissance injectée dans la cavité, la température de l'échantillon. L'ensemble de ces paramètres sont important pour suivre et contrôler le bon déroulement du procédé. L'étudiant aura en charge la réalisation de l'interfaçage entre les différents capteurs actuellement présent sur le réacteur avec un ordinateur. Le recensement de ces signaux avec leur caractéristique en tension et en courant sera la première étape de ce stage. Ensuite, une fois l'interfaçage réalisé, il faudra développer sur l'ordinateur le programme de récupération de l'ensemble des signaux et permettre leur enregistrement et leur visualisation. L'utilisation de Labview est prévue. Si le temps le permet, une extension du systéme pourra être envisagée non plus comme simple mesure des paramètres mais comme système interagissant avec le réacteur et controlé le procédé au moyen de l'ordinateur.

Table des matières

Introduction……

1. **Croissance de diamant : dans quel but ?……**
   - **1.1 Secteur Transport Ferroviaire?……**
   - **1.2 Le secteur Aéronautique……**
   - **1.3 Le secteur Militaire……**
2. **La CVD pour faire la croissance……**
   - **2.1 L'attrait du diamant……**
   - **2.2 La technologie CVD……**
   - **2.3 Notre réacteur CVD……**
   - **2.4 Les composants de la machine……**
3. **Déroulement du stage……**
   - **3.1 Documents techniques……**
     - **3.1.1 Pyromètre IMPAC IGAR 12-LO……**
     - **3.1.2 Mass flow contrôleur Aera……**
     - **3.1.3 Générateur microonde MKS Astex AX2100……**
     - **3.1.4 Contrôleur de pression et débit MKS 250 E……**
   - **3.2 Phase d'achat……**
4. **Programmation……**
   - **4.1 Sous programmation……**
     - **4.1.1 Pyromètre……**
     - **4.1.2 Contrôleurs mass flows……**

4.1.3 Générateur microonde……

4.1.4 contrôleur de pression……

4.2 Programme principale……

4.3 Protocole d'utilisation……

4.4 Programmation d'un générateur KEITHLEY 236……

5. Problèmes et difficultés……

5.1 Le polarisateur ……

5.2 Retard général……

5.3 Travail à suivre ……

Remerciements

Quelques années en arrière, je n'imaginais pas que mon rêve allait devenir réalité.

Après avoir travaillé dans un endroit comme le CNRS institue Néel, je ne peux pas rédiger ce rapport sans remercier David EON, mon maître de stage, pour cette opportunité incroyable qu'il m'a offerte, et également Etienne GHEERAERT le chef de l'équipe "Semi-conducteurs à grand gap".

Je tiens à remercier tout les membres de cette équipe chercheuse, thésards, et stagiaires pour la superbe ambiance de travail.

J'adresse mes remerciements encore pour mon tueur de stage M. Alain Sylvestre.

Introduction :

Le stage a eu lieu à l'institut Néel du CNRS.

Cet institut associe, physique, chimie et ingénierie au sein de trois départements en forte synergie.

Ses 19 équipes s'appuient en interne sur un ensemble d'expertises technologiques exceptionnelles, et bénéficient d'un réseau de liens solides formés entre le CNRS, l'Université Joseph Fourier, Grenoble INP, le CEA, l'ILL et l'ESRF.

Plus de 350 publications scientifiques annuelles dans des revues internationales avec comité de lecture dont 1/3 en collaboration avec des équipes scientifiques dans plus de 35 pays.

Une particularité de ce laboratoire de recherche fondamentale : la force des partenariats avec les entreprises.

Mon équipe (Semi-conducteurs à large bande interdite) qui est constituée de 21 personnes de chercheurs, étudiants doctorants et stagiaires sous la direction de M. Etienne GHEERAERT, est spécialisée dans le domaine de la croissance du carbone par CVD (Chemical vapor deposition) dont le but est d'avoir des échantillons originaux et bien caractérisés de diamant cristallin et de nanotubes auto connectés ou greffés sur des pointes.

***Louis Néel (1904-2000), Prix Nobel de physique 1970**, fût le fondateur de la physique grenobloise avec un impact bien au-delà de cette discipline de base, un porteur d'innovations très souvent valorisées, l'architecte du bassin scientifique grenoblois, (CNRS, CEA, Universités) qui a accueilli les très grands instruments européens ILL et ESRF.*

Objectif du stage :

Pour avoir ces échantillons il s'agit d'un réacteur de croissance par plasma.

L'objectif est de contrôler de nombreux paramètres de cette machine tels que la pression, le débit de gaz, la puissance injectée dans la cavité, la température de l'échantillon etc… et de realiser l'interfaçage entre les différents capteurs actuellement présents sur le réacteur avec un ordinateur pour récupérer leurs signaux .

Une fois l'interfaçage réalisé, il faudra développer sur l'ordinateur le programme de récupération de l'ensemble des signaux et permettre leur enregistrement et leur visualisation.

Chapitre 1

Croissance de diamant : dans quel but ?

Les propriétés exceptionnelles du diamant en font un matériau de choix pour divers domaines d'applications.

Aucun matériau connu ne possède une dureté aussi importante que celle du diamant.
Une des applications directes de cette caractéristique associée à sa valeur élevée de conductivité thermique de 25W.cm^{-1}.K^{-1} a 300K, cinq fois supérieur à celle du cuivre, est son utilisation dans les outils. En outre, Il est aussi utilisé sous forme de poudre pour le polissage de tous types de matériaux, lui même compris.
Comme je l'ai indiqué dans mon introduction notre équipe de l'institut Néel est spécialisée dans la mise au point d'échantillons de diamant par croissance en phase vapeur assistée par plasma (PECVD) dans un mélange de CH4 et H2. L'une des spécialités de l'équipe est le dopage du diamant au cours de la croissance par ajout de gaz B2H6 dans la phase gazeuse. Ainsi au moyen du dopage avec du bore le diamant devient un semi-conducteur à grand gap (5,5eV) de type P. Le grand gap, la mobilité des trous ≈1800 cm²/V/s@300K du diamant, la grande conductivité thermique ouvre des potentialités dans le domaine de l'électronique de puissance.

Il existe 3 segments de marché où il est envisagé des applications faisant intervenir des composants à base de diamant. Ces 3 segments de marché sont:

- Le secteur Transport Ferroviaire
- Le secteur Aéronautique
- Le secteur Militaire

I.1 Le secteur Transport Ferroviaire

Actuellement, concernant le secteur du transport ferroviaire, les enjeux se situent principalement sur la chaîne de traction au niveau système. En effet, la finalité recherchée aujourd'hui est de pouvoir réaliser un gain considérable sur l'ensemble de la chaîne de traction au niveau système.

Les besoins industriels qui ressortent pour le transport ferroviaire sont :

- Une augmentation des températures de fonctionnement des convertisseurs de puissance (250°C)
- Une augmentation des fréquences de commutation
- Une diminution du poids/volume du convertisseur

Ainsi, l'introduction de composants à base de diamant devra permettre de diminuer globalement le coût de la fonction complète de la chaîne de traction, de réduire son poids et son encombrement. Pour le secteur du transport ferroviaire, les applications envisagées où il interviendrait des composants à base de diamant sont l'ensemble des convertisseurs de puissance embarquée "nouvelle génération".

Ces convertisseurs de puissance embarquée "nouvelle génération" à base de technologie diamant interviennent dans le domaine de l'intégration de puissance. Les besoins fonctionnels auxquels ils doivent répondre sont la réduction poids/volume/coût et l'augmentation des performances des convertisseurs de puissance embarquée actuelles. Ainsi, les caractéristiques de puissance mises en jeu dans ces convertisseurs "nouvelle génération" pour répondre à ces besoins sont :

- L'augmentation des températures de fonctionnement des convertisseurs de puissance
- L'augmentation des fréquences de commutation
- La diminution de poids/volume du convertisseur

Pour cela, ces convertisseurs devront être capables de :

- Commuter une tension de 10kV
- Fonctionner sous une température chip de 250°C
- Avoir une fréquence de commutation de : 2kHz puis >15kHz

Les gaps envisagés grâce à ces convertisseurs "nouvelle génération" par rapport aux convertisseurs actuels portent sur la réalisation d'intégration dans le domaine de l'électronique de puissance. En effet, l'objectif principal aujourd'hui est d'accroître cette intégration. Les systèmes de conversion, actuellement utilisés, font appel à des structures classiques de conversion qui ne sont plus en adéquation avec les attentes des nouveaux designs des trains.

Performances souhaitées

Performances électriques :

- Commuter une tension de 10kV
- Avoir une fréquence de commutation de : 2kHz puis >15kHz

Performances thermiques :

- Température chip > 250°C
- Température environnement : 200°C

I.2 Le secteur Aéronautique

Le secteur aéronautique tend à évoluer vers des systèmes de puissance tout électrique et des structures composites. Le passage en système électrique constitue un réel challenge pour démontrer la fiabilité de ces nouveaux systèmes, en particulier pour les commandes de vol.

Pour le secteur aéronautique, les applications envisagées où interviendraient des composants à base de diamant sont l'ensemble des convertisseurs de puissance et les dispositifs de protection foudre.

Les facteurs clés de cette évolution sont :

· L'amélioration de la fiabilité électronique des équipements car ils évoluent dans des contraintes d'environnement sévères : alternance entre des températures froides et chaudes, contraintes mécaniques (vibrations, chocs), la pression et l'humidité.

· L'augmentation de la densité de puissance des composants

· La réduction en volume et poids des équipements.

· Une meilleure efficacité qui passe par la réduction des pertes.

· Augmentation de la température de fonctionnement (problème du management de la température) : de 100 °C aujourd'hui à 200 °C demain (par exemple pour rapprocher les composants du moteur).

I.3 Le secteur Militaire

Le canon à rail fait partie de la famille des armes EM (Electromagnétique), il travaille sur des énergies impulsives. Les enjeux ici sont l'amélioration des performances de la défense anti-aérienne. Le canon à rail intervient donc dans la protection de zone contre les menaces aériennes, c'est un accélérateur de projectiles dont les caractéristiques de puissance sont les hautes tensions et les fortes énergies.

L'utilisation de lanceurs électromagnétiques à rail sur des armes électriques va permettre d'augmenter sensiblement la vitesse initiale des projectiles par rapport aux lanceurs classiques à poudre. Ceci va se traduire par une amélioration de la létalité, de la portée, de la cadence de tir et une diminution du temps de vol.

Les performances souhaitées de cette application

- Performances électriques : Les armes EM de type canon à rail mettent en oeuvre des énergies impulsives de l'ordre de 30 MJ sous des tensions supérieures à 8 kV et des courants supérieurs à 1 MA avec des impulsions cadencées à 200 Hz.
- Performances thermiques : Le système doit pouvoir fonctionner de -40°C à +71°
- Durée de vie : 10000 coups.

Chapitre 2

La CVD pour faire la croissance.

II.1 L'attrait du diamant.

Le diamant est sans aucun doute le matériau qui combine un ensemble exceptionnel de propriétés mécaniques, chimiques, thermiques, acoustiques, optiques et électroniques dépassant celles de tous les autres matériaux.
Il est impensable d'utiliser des cristaux naturels de diamant pour toutes les applications industrielles précédemment évoquées.
Tout d'abord parce que celui-ci reste rare et cher, et la plupart des diamants naturels contiennent des impuretés.
Il est donc nécessaire de développer des méthodes de croissance et de nano structuration permettant d'obtenir des composants en diamant.
Une de ces méthodes est le CVD, c'est la méthode utilisé par notre équipe a l'institue Néel depuis plusieurs années.

II.2 La technologie CVD.

La CVD est un procédé utilisé pour produire des matériaux solides de haute performance, et de grande pureté. Ce procédé est souvent utilisé dans l'industrie du semi-conducteur pour produire des couches minces.

Dans un procédé CVD typique, le substrat est exposé à un ou plusieurs précurseurs en phase gazeuse, qui réagissent et/ou se décomposent à la surface du substrat pour générer le dépôt désiré. Fréquemment, des sous-produits de réactions, eux-mêmes en phase gazeuse, sont produits et évacués par le flux gazeux qui traverse en continu la chambre de réaction.

Les procédés de microfabrication utilisent largement la CVD pour déposer des matériaux sous des formes variées : monocristallins, polycristallins, amorphes, épitaxies. Ces matériaux incluent le silicium, la silice, le silicium-germanium, les carbures de silicium, du carbone diamant, les fibres, nanofibres, filaments, nanotubes de carbone, le tungstène, des matériaux à haute permitivité électrique, etc.

II.3 Notre réacteur CVD.

Basé sur la technologie plasma micro-ondes, les récteurs de la socité SEKI TECHNOTRONsont utilisés dans les applications de production et de recherche à des fins diverses.

La technologie plasma micro-ondes est une option attrayante pour la R&D scientifiques et très utilisés en croissance diamant Le réacteur SEKI utilisé dans l'équipe permet le traitement micro-ondes (2,45GHz) à haute pression (> 10 Torr) dans une cavité cylindrique. Cette approche permet d'avoir un plasma confiné dans la zone de champ maximale de la cavité en évitant d'être trop en contact avec les parois et de polluer la couche avec des composés métalliques.

II.4 les composants de la machine.

La machine est complexes, elle est composée de plusieurs appareils indépendant qui permettent d'ajuster les paramètres du procédés :

- Pyromètre infrarouge : impac isr 12-LO
- Mass flow contrôleur : Aera ro-40
- Contrôleur de pression et de débit :mks 250
- Contrôleur multi jauge :Varian
- Ecran tactile de control : Seki
- Astex :heater controler
- Générateur microondes :Astex AX2115
- Polarisateur: sorensen DC5600-1.7 E
- Alimentation :AdvancedEnergy pe II5k
- Coffret de contrôle de régulateurs de débit massique : OMICRON ROD-1B

Chapitre 3

Déroulement du stage

Les durées longues des manipulations effectuées sur le SEKI ont posé la nécessité de savoir l'état de chaque paramètre pendant le temps de manipulation car l'utilisateur de la machine ne peut pas la surveiller tout le temps.

De là, j'étais obligé de trouver une manière pour récupérer toutes les données qui intéressent les utilisateurs pour faire les analyses nécessaires, pour cela il fallait bien étudier chaque pièces de la machine à l'aide des documents techniques, comprendre leur fonctionnement et réaliser l'interface avec l'ordinateur via une carte d'acquisition.

La tâche essentielle est la récupération des données générées par les différents composants de la machine, puis essayer de programmer les paramètres qui sont non réalisable par l'automate fourni par le fournisseur.

Dès la première semaine j'ai réalisé une analyse complète sur le travail demandé à l'aide de mes cours de gestion de projet, les séances de projet en 3I4 pour optimiser le temps et profiter le maximum de chaque élément existant (annexe VI.7) mais les retards surtout dans les commandes des pièces m'ont obligé à modifier mon plan plusieurs fois (vous trouverez plus de détails dans la partie PROBLEME).

III.1 Documents techniques

Parmi tous le composant du bâti mentionné ci –dessus, ceux qui nous intéressent le plus sont :

- La température de pyromètre
- Le débit des mass flow
- La puissance du générateur microonde
- Et finalement la pression des gaz dans le réacteur.
  Vous trouvez en dessous un résumé du document technique et les spécifications de chacun de ces appareils.

III.1.1 Pyromètre IMPAC IGAR 12-LO

Le pyromètre IMPAC est un pyromètre bichromatique digital de haute pression avec fibre optique utilisé pour mesurer la température du substrat sans contact.

Il mesure d'après le principe bicolore, selon laquelle deux longueurs d'ondes voisines déterminent la température.

Tous les paramètres sont réglables sur le pyromètre et par liaison en série.

Installation électrique : le pyromètre est alimenté par une tension 24 V.

Etant donné que l'appareil travaille avec des cellules de mesure thermostatisées, il a besoin d'une phase de chauffe pouvant atteindre 5 minutes, ensuite l'appareil est prêt.

Le pyromètre est le seul appareil qui donne une sortie en courant (4…20 mA), ainsi pour avoir le signal de sortie il faut brancher une résistance autour 100 Ω entre le deux sorties analogiques +i et –i (les broches L et B) avant de le relier à la carte d'acquisition.

III.1.2 Mass flow controler Aera

Le mass flow contrôleur de type Aera FC-79X est un instrument de précision conçu pour la mesure et de contrôle de débit massique des gaz.

Alimenté de 15V DC cet appareil donne une sortie analogique de (0 -5V).

Sur notre bâti on a 4 mass flow contrôleurs pour contrôler le débit d'hydrogène H2 à pleine échelle 1000 SCCM MAX, le méthane CH4 à pleine échelle 20 SCCM MAX, l'azote N2 à pleine échelle 10SCCM MAX, et une réserve pour quatrième gaz.

**SCCM: standard cubic centimeter per minute.*

III.1.3 Générateur microonde MKS Astex AX2100

Le micro ondes AX2100 est généralement utilisé dans les applications de production de plasma telles que les sources d'ions pour l'implantation ionique, de la mouture faisceau d'ions, amélioré par plasma disposition chimique en phase vapeur et la gravure plasma.
La qualité de sortie et les contrôles intégrés rendent parfaitement adapté à la

conduite des sources plasma, et leur petite taille les rend économiquement attractives pour une utilisation dans des environnements à haute tension.

III.1.4 Contrôleur de pression et débit MKS 250 E

Ce dispositif de contrôle est composé d'une variété de soupapes de précision afin de maintenir une certaine pression ou le débit.
Le contrôleur 250 peut fournir 15VDC production et accepte des entrées à partir d'une variété de capteurs de pression et de débit massique mètres.
Un système de contrôle de pression se compose de trois parties principales:
le capteur de pression.

1. Le contrôleur et la vanne de régulation.
2. Le système dont la pression doit être contrôlé.
3. Le capteur de pression sera généralement avec la sortie de 0 à 10VDC.

Le système de pression se compose d'une chambre et une pression de système de pompage est maintenue par 250 contrôleurs et vannes de régulation.
9 broches du contrôleur de type D connecteur permettent de connecter l'appareil à une variété de vannes de régulation.

250 contient le contrôleur de trois modes d'action de contrôle dans la plupart des contrôleurs industriels :

1. Proportionnelle : donne une action de la valve qui est instantanément une fonction linéaire du signal d'erreur.
2. dérivée : une action qui prévoit un signal à la vanne qui est proportionnelle à la vitesse de variation du signal d'erreur
3. et intégrale : une action qui fournit un signal de valve supplémentaire qui est proportionnelle à la durée pendant laquelle un signal d'erreur existe.

Cet appareil a un connecteur 14 broches Amphenol qui fournit l'accès aux sorties diverses, 15Vd'alimentation et des inputs extérieurs au contrôleur 250.

III.2 Phase d'achat

Après avoir analysér tous les appareils, comprendre leur fonctionnement et savoir manier la connexion de chaqu'un, il était nécessaire de faire une liste d'achats pour effectuer l'interface avec l'ordinateur.

Un processus long et compliqué car tous les produits sont achetés sur internet où la description est succincte et parfois il n'y avait même pas une image pour nous aider à choisir le bon produit.

Le plus part des achats sont des connecteurs d'interface, plus des câbles et une carte d'acquisition.

Cette liste contient :

III.2.1 Carte d'acquisition : NI USB-6211

Fabricant : National Instruments.

Prix : 799€

J'ai choisi cette carte parmi plusieurs cartes existantes sur le marché pour sa fiabilité et sa souplesse d'utilisation sur tout ce qui concerne le logiciel LABVIEW.

III.2. 2Connecteur VARIOFACE FLKM 40 (pour les mass flow AERA)

Fabricant: Phoenix Contact **Reference:** Radio spare 868-907

Prix : 65,79 €

III.2.3 FICHE MALE IEEE 488 14 CTS CAD

(Pour le MKS de la pression)

Référence: radiospare 239-1190
Prix : 8.69€

III.2.4 Connecteur WWP 40PTS (pour le mass flow)

Référence : Radiospare 120-6833

Fabricant: 3M

Cout: 2 X 2.54=5.08€

III.2.5 Embase rectangulaire CAD 40 contacts (pour le mass flow)

Référence: Radiospare 674-1227P
Prix : 3.123€

III.2.6 CABLE EN NAPPE 40 CTS (pour le mass flow)

Référence: Radiospare 289-9975

Prix : 12.348 €

Finalement une somme de **894€** était suffisante pour compléter le processus de l'interfaçage.

Chapitre 4

Programmation

Le programme a été développé sur Labview 2009, il devait répondre au cahier des charges suivant :

-mesure de la température du pyromètre.

-mesure du débit des mass flow.

-mesure de la puissance microondes.

-mesure de la pression de gaz.

Après l'acquisition de toutes ces données, il faut les enregistrer sur un fichier Excel afin de faire les analyses nécessaires.

Tout les signaux sont récupérés grâce à cette carte d'acquisition analogique NI USB-6211.

J'ai choisi Labview car il facilite la création d'une interface utilisateur et qu'il est parfaitement adapté à la communication avec des instruments (grâce aux bibliothèques intégrées).

Pour expliquer le processus de programmation, je vais expliquer le programme de chaque instrument puis le fonctionnement général.

Tous les 4 sous programmes que j'ai programmés ont le même principe.

Je vais détailler le premier puis pour les suivants je vais juste insister sur les différences.

IV.1 Sous programmation

IV.1.1Sous programme du pyromètre

Entrée : Courant I. mA

Sortie : Température T. °C

Commencer par l'entrée analogique de la carte d'acquisition (assistant DAQ) qui est initialisée à recevoir des signaux de (4-20mA) avec une entrée d'erreur, et les entrées sur la carte d'acquisition sont 15 et 16.

Ces données dynamiques sont transmises par une boucle (for) avec 10 itérations (modifiable au choix de l'utilisateur) via une petite fonction qui traduira les données dynamiques à un tableau des données, à l'intérieur de cette boucle une autre boucle pour traduire les valeurs de signaux en Ampère et ses valeur en °C par la formule écrite en langage C:

T**=300+ (100-300)/ (20-4)*(100-4)**

Les résultats sont transmis pour une fonction mathématique qui donne la moyenne, puis la valeur finale de la température sera affichée et enregistrée dans un fichier Excel, avec la date et l'heure grâce une fonction d'horloge et une sortie qui affiche les erreurs existantes (annexe VI.2).

IV.1.2 Sous programme des mass flows

Entrée : Tension V.

Sortie : Débit SCCM.

Même principe qu'avant sauf au lieu de faire une boucle for avec le format mathématique de conversion (V à SCCM) c'était plus favorable d'utiliser des opérations mathématiques simple, car le format n'est pas trop compliqué :

{Le débit à régler = (Tension réglée X la pleine échelle de débit)/5V}

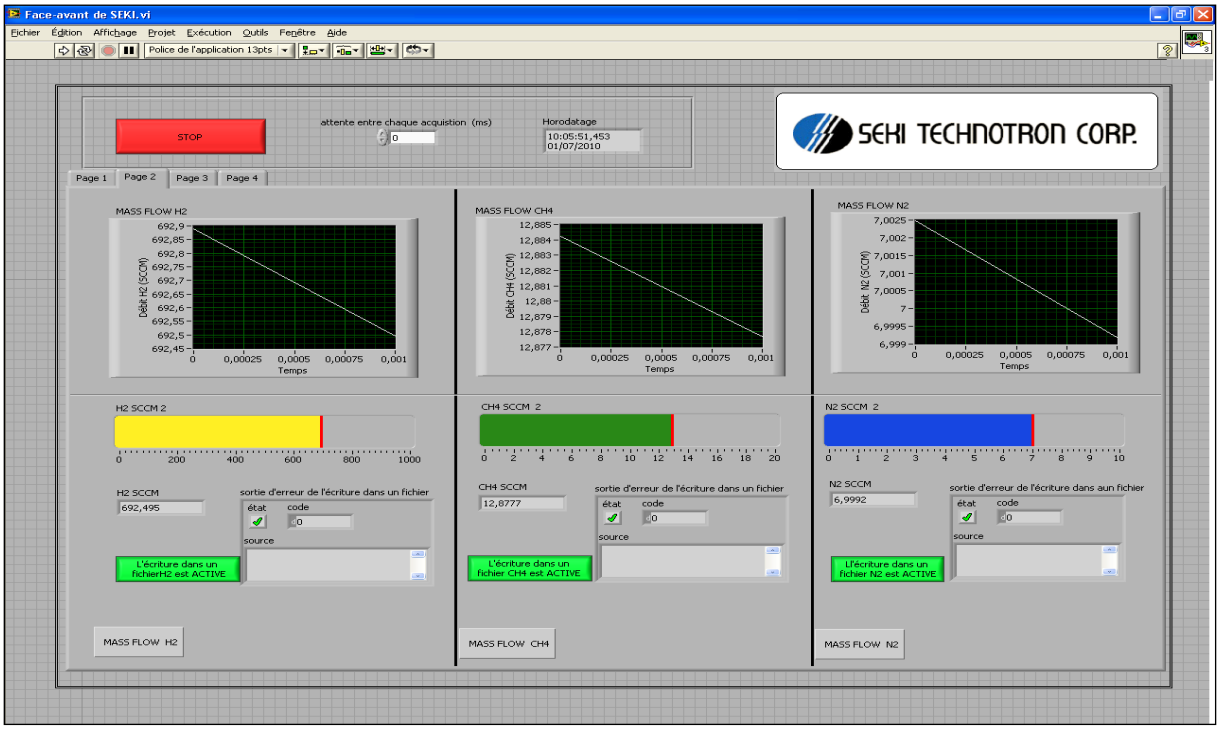
Et aussi, nous avons 3 mass flow donc on a 3 pleines échelles différentes et 3 programmes différents pour le débit de chaque gaz.

Pour le débit de H2 : plein d'échelles de 1000 SCCM.

Pour le débit de CH4 : plein d'échelles de 20 SCCM.

Pour le débit de N2 : plein d'échelles de 10 SCCM.

Les entrées sur la carte d'acquisition sont respectivement: 17, 18, 19, et 20 réservées pour la quatrième mass flow qui n'est pas en fonction pour l'instant.



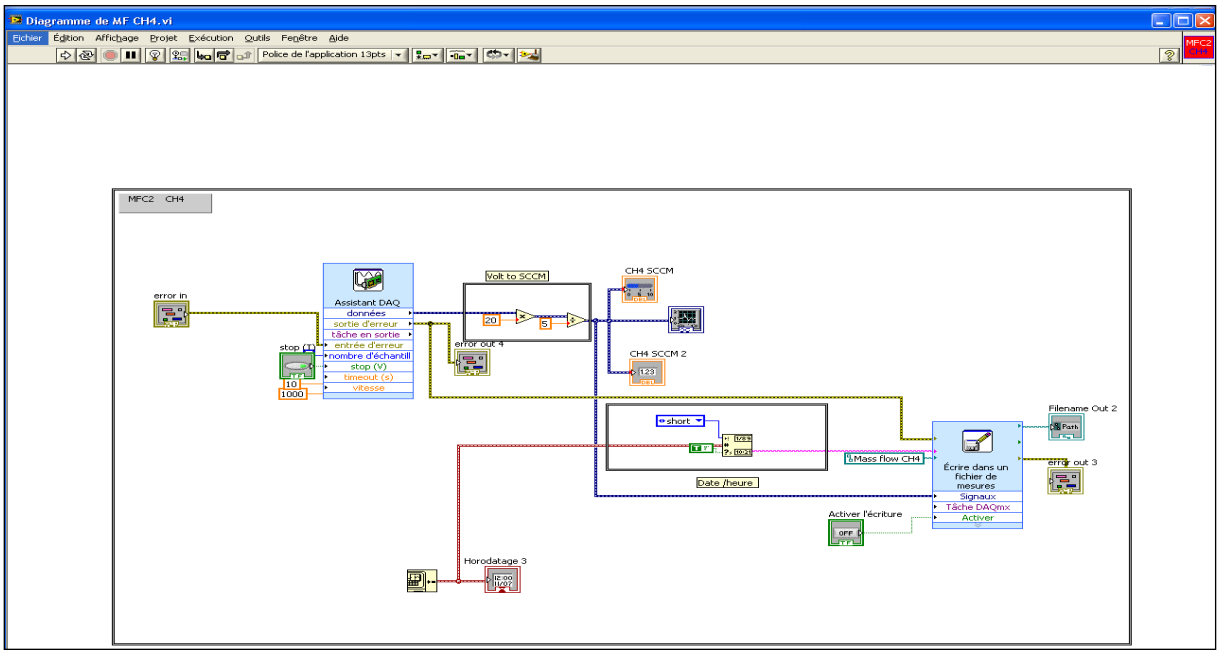


Figure 1: exemple de sous programmation

IV.1.3 Sous programme de microonde

Entrée : Tension V. Sortie : puissance W.

La même méthode de programmation de pyromètre mais seul la formule de conversion change : V→W dans la boucle (for) : [W = (1500/10)*V ;].

L'entrée sur la carte d'acquisition est la voie 21 avec la voie 28 pour la mass.

IV.1.4 Sous programme du contrôleur de pression

Entrée : Tension V. Sortie : pression Torr.

Toujours le même principe avec une formule de conversion : (Torr = 1000*V/10 ;).

Les voies de ce contrôleur sur la carte d'acquisition sont : 22 et 28 pour la mass.

IV.2 Programme principale

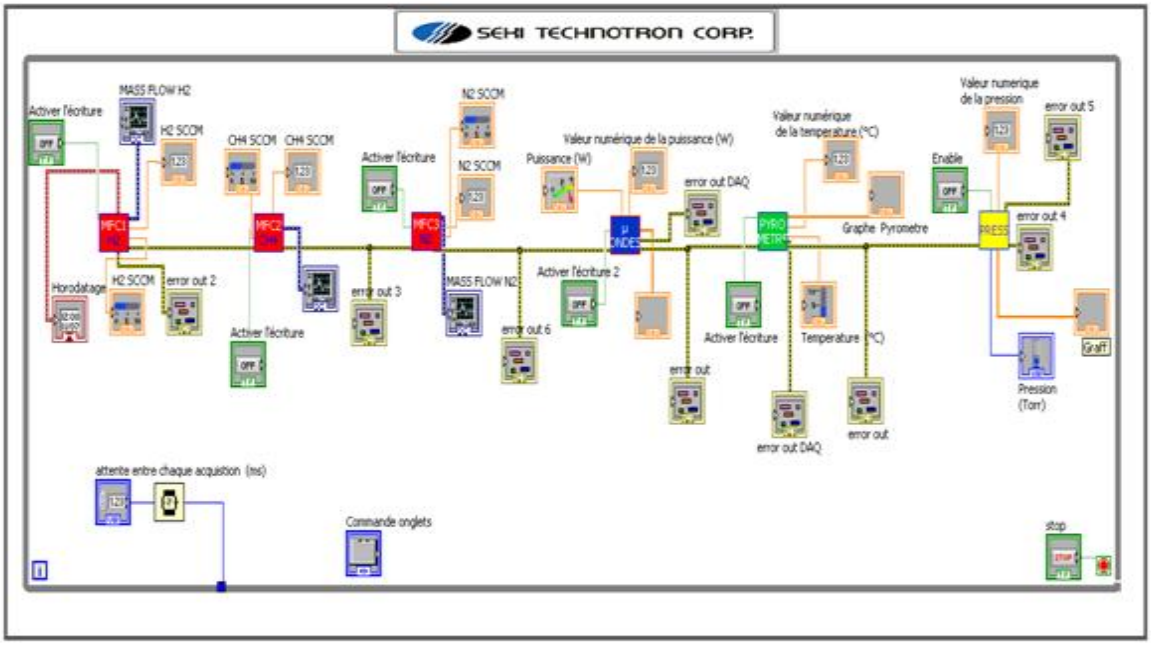
Après avoir programmér les sous programmes, j'ai mis chaqu'un dans un sous VI au but de les mettre tous dans un seule diagramme Labview et j'ai donné chaque sous VI une couleur différente avec son nom pour faciliter la reconnaissance de chaque instrument s'il y a des modifications sur le programme.

Chaque sous VI contient : entrée sortie d'erreur, fonction d'affichage, les erreurs sorties d'affichage, sortie d'écriture dans un fichier avec un bouton d'activation.

Puis tous les sous VIs sont rangés dans une boucle (while), qui sert à garantir la continuation du processus d'acquisition s'il n'y a pas d'intervention du côté utilisateur.

Cette boucle est reliée à une horloge qui détermine le temps entre deux acquisitions à la demande de l'utilisateur.

Dans l'entête du programme j'ai rangé toutes les commandes et sorties d'affichage dans une commande onglets de 4 pages qui facilite le déplacement entre les instruments, avec une conception qui permet de savoir l'état de tous les paramètres et des erreurs d'un seul coup d'œil, et en haut des onglets il ya deux paramètres de control, un bouton **stop** pour arrêter le programme et un contrôleur de temps, entre chaque acquisition (en ms), et finalement une petite fenêtre qui affiche la date et l'heure.



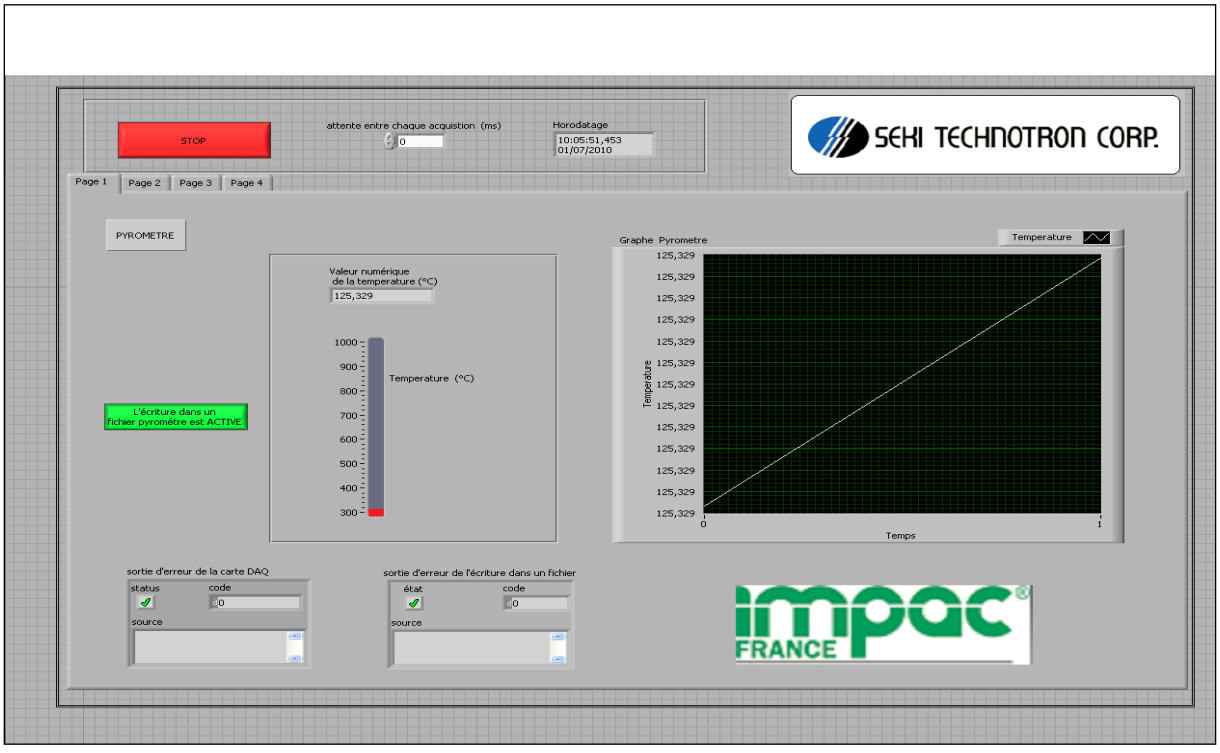


Figure 2 : diagramme et face avant du programme principale

IV.3 Protocole d'utilisation

Ce programme était fait pour faciliter les manipulations du client, rien qu'un simple click de souris pour récupérer toutes les données sans perdre le temps pour observer les paramètres.

- Avant de lancer le programme il faut déterminer le temps entre chaque acquisition, qui permet de gérer le nombre d'échantillons dans notre fichier Excel.
- Dans chaque onglet un bouton d'activation d'enregistrement des données (vert quand il est activé, rouge si désactivé).
- Pour lancer le programme, il faut lancer Labview en cliquant sur l'icône .
- Pour l'arrêter, il suffit de cliquer sur le bouton

.
- Toutes les mesures sont enregistrées dans des fichiers (.lvm) ouvert par une fenêtre Excel (en haute et à gauche de la fenêtre Excel un petite bouton LVM).

IV.4 programmation d'un générateur KEITHLEY 236

Pendant la période d'attente pour la carte d'acquisition, M.EON ma demandé d'automatiser un générateur courant tension KEITHLEY236.

Ce système est en fait quatre instruments en un : source de tension, source de courant, mesure de tension, mesure de courant. Il est un outil primordial pour la recherche et les applications industrielles.

Figure3 :le KEITHLEY 236

Pour nous il est nécessaire de mesurer la densité de plasma à l'intérieur du réacteur grâce à une petite sonde.

Comme il est connu, le plasma est constitué des électrons (chargées négative) et des ions (chargées positive), le principe de mesurer la densité est d'envoyer une tension entre -100V et +100V, puis de mesurer le courant, en fonction de la tension on peut estimer la densité.

La commande du générateur se fait par l'intermédiaire du port GPIB présent sur cette alimentation et une carte d'acquisition NI de liaison GPIB, et d'un programme Labview.

La programmation de cet instrument est complètement différente de la SEKI, parmi plusieurs drivers qui existent sur le site de National instrument (12 driver) il faut choisir l'instrument approprié dans notre cas, et chaque driver demande une manière différente de programation.

Après l'étude et le test de chaque driver j'ai choisi ce qui nous est le plus utile (KEITH 236 SWEEP) puis j'ai effectué le programme autour de lui (annexe VI.6).

Un exemple de résultat obtenu grâce au programme réalisé est présenté ci –dessous.

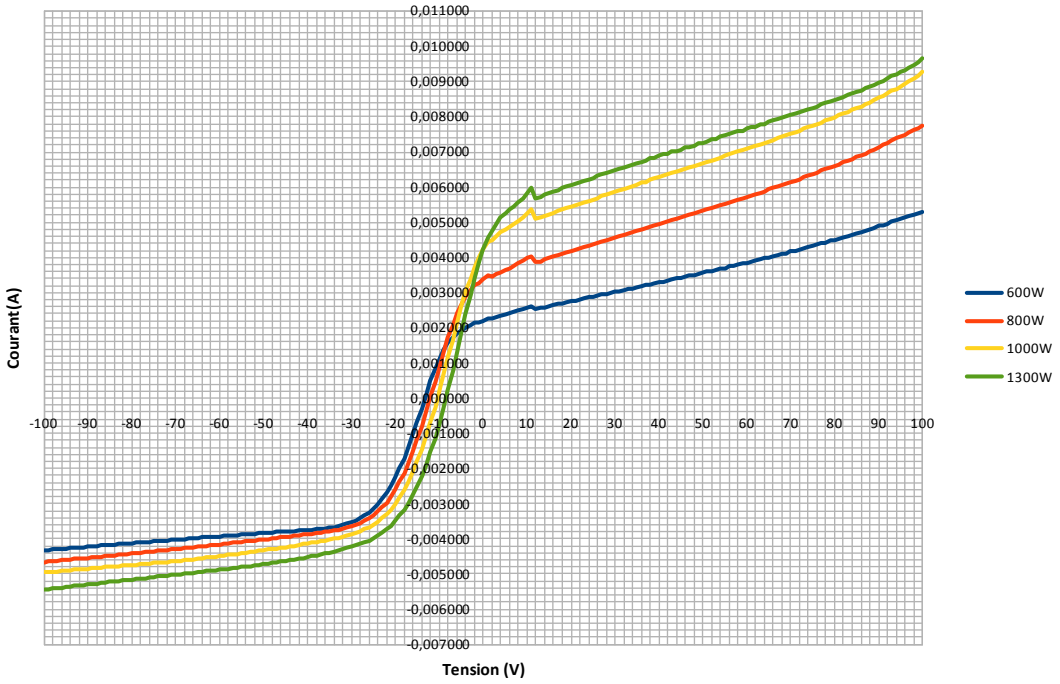


Figure3: Caractéristique courant tension obtenue au moyen d'une sonde dans un plasma d'hydrogéne

Mode d'emploi

Dans la face avant de ce programme vous trouvez des contrôleurs de paramètres de cet instrument: la valeur de démarrage, la valeur de l'arrêt, le pas et le temps de balayage

Le résultat est affiché sur un graphique (I en fonction de V) et est enregistré dans un fichier type texte, les erreurs (s'ils existent) sont affichées aussi dans des indicateurs sur la face avant.

Chapitre 5

Problèmes et difficultés

V.1 Le système de polarisation de l'échantillon

Pendant l'étude d'interface du bâti, et plus précisément le système de polarisation de l'échantillon SORENSEN J' n'étais pas capable de mesurer sa tension de sortie, et ce n'était donc pas possible d'obtenir des données.

Afin de trouver une solution, j'ai essayé avec M.EON de bien comprendre le problème.

Après la vérification de toutes les connections et que il y a vraiment quelque chose à la sortie, nous avons compris que le problème n'était pas classique.

En effet (après des heures de test) nous avons trouvé que la tension de sortie (0-5V) est reliée à la tension générée par le polarisateur (-500V) et il est variable en fonction de lui.

L'une de premières solutions qui que j'ai pensé c'est d'utiliser un transformateur, après avoir fait un montage de transformateur, ce dernier na pas fonctionné en raison du courant continu.

Deuxième idée possible c'était d'utiliser un optocoupleur, mais la non-linéarité de cet élément nous empêche de les utiliser, donc l'idée a été aussi abandonnée.

La solution préférable est d'utiliser un ampli op d'isolement. Le principe de ce AOP c'est d'isoler le -500V et fait passe le 0-5V.

L'ampli op choisi est HCPL 7800, vous trouvez son information technique dans l'annexe.

V.2 Retard général

Le retard était lié à différentes raisons. L'une est liée avec la livraison de la carte d'acquisition, plus de deux semaines de retard entre la confirmation de la demande d'achats et la réception finale du produit.

Un autre type de retard posé par les manipulations prioritaires qui ont lieu sur le réacteur, et il n'était donc pas possible d'arrêter le bâti pour prendre les mesures ou faire le câblage. Ceci oblige à s'insérer pendant les périodes de moindres activités pour faire les différents tests nécessaires. Par conséquent pour ne perdre du temps je suis passé sur d'autres activités.

Conclusion:

A la fin de ce stage le système obtenu répond aux attentes du cahier des charges, un interfaçage complet de tous les instruments et l'acquisition de leurs données avec la possibilité de les traiter car ils sont enregistrés dans des fichiers EXCEL.

Les programmes ont fait dans une manière facile à utiliser par le client même si il n'a jamais utilisé Labview, un simple click pour récupérer les données.

En fin tut ce travail fut pour moi une chance de mettre en application mes compétences d'ingénieur dans le domaine d'instrumentation, électronique et la programmation, et de m'impliquer sur un sujet qui m'intéresse.

Travail à suivre

- Avant tous il faut appliquer la solution proposée pour le système de polarisation de l'échantillon SORENSEN, puis modifier le programme LABVIEW (SEKI) pour ajouter ce paramètre dans le processus d'acquisition.
- Des que le polarisateur est ajouté, il faut commencer par la partie commande afin de compléter ce projet.
- L'installation de réseau internet dans la salle de manipulation, ce qui permet d'effectuer une surveillance de la croissance à distance.